

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## Beschreibung

### Vorrichtung zum Messen des Drehwinkels

- 5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen des Drehwinkels zweier gegeneinander verdrehbarer Bauteile gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

10 Zur Messung des Drehwinkels zweier gegeneinander verdrehbarer Bauteile, z. B. der Welle eines Motors gegenüber dem Motorgehäuse, werden optische Drehgeber verwendet, bei welchen eine Maßverkörperung mit der Welle des Drehgebers rotiert. Die Maßverkörperung wird von einer Lichtquelle durchstrahlt, wobei eine lichtempfindliche Abtasteinrichtung das durch die Maßver-  
15 körperung modulierte Licht der Lichtquelle empfängt.

Aus der DE 197 50 474 A1 und aus der DE 100 63 899 A1 ist es bekannt, bei einem solchen Drehgeber die Lichtquelle axial-  
20 zentrisch in der Welle des Drehgebers anzuordnen und die gesamte zu der Achse der Welle konzentrische Maßverkörperung auszuleuchten. Dadurch ergibt sich ein besonders kompakter Aufbau des Drehgebers mit insbesondere geringen radialen Abmessungen. Bei diesem bekannten Drehgeber weist die Maßverkörperung eine äußere inkrementale Spur auf, die durch eine  
25 kreisringförmige Spur von optischen Sensorelementen der Abtasteinrichtung abgetastet wird, um inkrementale Sinus- und Cosinus-Signale zu erzeugen. Weiter weist die Maßverkörperung digital codierte Spuren auf, die in der Abtasteinrichtung abgetastet werden, um die absolute Winkelstellung der Maßverkörperung und damit der Welle in einem digital codierten Daten-  
30 wort zu erhalten.

Die digital codierte Abtastung der Absolut-Winkelstellung macht eine hohe Präzision in der gegenseitigen Zentrierung von Maßverkörperung und Abtasteinrichtung notwendig. Die hohe Zentrierungsgenauigkeit kann nur bei eigengelagerten Drehgebern zuverlässig eingehalten werden, bei welchen die Abtasteinrichtung und die Welle mit der Maßverkörperung gegenseitig mittels Präzisionslagerungen gelagert sind. Dies bedingt zum einen einen konstruktiven Aufwand für den Drehgeber und macht zum anderen eine Montage des Drehgebers an den zu messenden Bauteilen notwendig, die größere Lagertoleranzen dieser Bauteile aufnimmt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Messen des Drehwinkels zweier gegeneinander verdrehbarer Bauteile zu schaffen, welche geringere Anforderungen an die Zentrizität von Maßverkörperung und Abtastung zulässt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Vorteilhafte Ausführungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß weist die Vorrichtung zum Messen des Drehwinkels eine Maßverkörperung auf, die optisch vollständig ausgeleuchtet wird, z. B. durch eine zentrische Lichtquelle in Durchlicht oder Auflicht. Die Maßverkörperung, z. B. eine Winkelgitterstruktur wird durch eine coaxial angeordnete ringförmige Spur von optischen Sensorelementen abgetastet.

Diese Abtastung ergibt eine inkrementale Winkelmessung. Vorzugsweise haben die inkrementalen Winkel-Messsignale in an sich bekannter Weise die Form von Sinus- und Cosinus-Signalen,

sodass durch Interpolation der Signalspannungen eine höhere Winkelauflösung der inkrementalen Winkelmessung möglich ist.

Erfindungsgemäß wird die absolute Winkelposition nicht durch  
5 digital codierte zusätzliche Spuren der Maßverkörperung und  
eine zusätzliche Abtastung gemessen. Es werden vielmehr die  
optischen Sensorelemente der kreisringförmigen Spur, welche  
für die inkrementale Winkelmessung verwendet wird, gleichzei-  
tig auch für die absolute Winkelmessung ausgenutzt, indem ein  
10 sich mit der Welle drehendes Markerelement das auf die Sensor-  
elemente auftreffende Licht moduliert. Die Sensorelemente der  
kreisringförmigen Spur der Abtasteinrichtung können einzeln  
abgefragt werden, sodass die jeweilige Lage des Markerelements  
und damit die jeweilige Winkelstellung der Welle über die Ab-  
15 frage der Sensorelemente ermittelt werden kann. In einer vor-  
teilhaften Ausführung der Erfindung ist das Markerelement als  
Unregelmäßigkeit der ansonsten regelmäßigen Winkelgitterstruk-  
tur ausgebildet. Dadurch kann die Winkelgitterstruktur der  
Maßverkörperung für die inkrementale Winkelmessung und das  
20 Markerelement für die absolute Winkelmessung auf einer gemein-  
samen Scheibe in derselben optischen Struktur realisiert wer-  
den.

Die Bestimmung der Absolut-Winkelposition durch Abfrage der  
25 kreisringförmig angeordneten Sensorelemente ergibt eine ein-  
deutige Absolut-Winkelmessung, die große Toleranzen in Bezug  
auf die Zentrizität und axiale Justage von Abtastung und Welle  
mit Maßverkörperung zulässt. Die Toleranzen der Zentrizität  
sind nur dadurch beschränkt, dass das Markerelement noch ein-  
30 deutig einem Sensorelement der Abtastung zugeordnet werden  
kann. Aufgrund der zulässigen großen Toleranzen in Bezug auf  
die Zentrizität und die axiale Justage ist die erfindungsgemä-  
ße Vorrichtung nicht mehr auf eine Eigenlagerung von Abtastung

und Maßverkörperung angewiesen. Die Welle mit der Maßverkörperung kann an einem Bauteil und die Abtastung an dem anderen Bauteil fest montiert werden. Die üblichen Lagertoleranzen der beiden gegeneinander verdrehbaren Bauteile, z. B. der Welle eines Elektromotors gegenüber dem Motorgehäuse, können von dem erfindungsgemäßen Drehgeber aufgenommen werden, ohne zu Fehlmessungen zu führen. Da keine Eigenlagerung notwendig ist, kann der Drehgeber erfindungsgemäß einerseits einfacher und damit kostengünstiger und andererseits kompakter und damit vielseitiger einsetzbar konstruiert werden.

Ist nur ein Markerelement vorgesehen, so können sich Fehlanzeigen in der Absolut-Winkelmessung ergeben, wenn eine starke Exzentrizität in einer um  $90^\circ$  gegen das Markerelement versetzten Richtung vorliegt. Um solche Fehlanzeigen auszuschließen, ist vorzugsweise ein zweites Markerelement vorgesehen, welches im Winkel gegen das erste Markerelement versetzt ist. Bei zentrischer Anordnung von Welle und Abtasteinrichtung innerhalb der zulässigen Toleranzen ergibt sich in den Sensorelementen der Abtasteinrichtung derselbe Winkelabstand, den die Markerelemente aufweisen. Bei einer die zulässigen Toleranzen überschreitenden Exzentrizität zeigen die Sensorelemente der Abtasteinrichtung einen von dem Winkelabstand der Markerelemente abweichenden Winkelabstand an, woraus sich die Exzentrizität erkennen lässt. Die günstigste Anordnung der Markerelemente ist ein Winkel, der etwas geringer als  $180^\circ$  ist. Ein Winkel möglichst nahe an  $180^\circ$  ergibt die deutlichste Anzeige einer Exzentrizität, wobei durch die Abweichung von  $180^\circ$  auch die Richtung der Exzentrizität erkennbar ist.

Da erfindungsgemäß keine Eigenlagerung des Drehgebers erforderlich ist, können die Welle mit der Maßverkörperung und die Abtasteinrichtung unabhängig voneinander an den zwei in ihrer

Winkelstellung zu vermessenden Bauteilen montiert werden. Dabei werden die radialen Lagertoleranzen dieser Bauteile von dem Drehgeber toleriert. Um die Maßverkörperung und die Abtastung axial gegeneinander zu justieren, wird vorzugsweise die Welle des Drehgebers als Wellenstummel ausgebildet, der in dem zugehörigen Bauteil axial justiert befestigt wird. Dies kann bspw. dadurch geschehen, dass die Welle axial in das zugehörige Bauteil eingeschraubt wird. Eine besonders einfache und genaue axiale Justage ergibt sich, wenn die Welle als Spreizwelle ausgebildet ist, die kraftschlüssig klemmend in das zugehörige Bauteil eingesetzt wird. In dieser Ausführung kann die Abtasteinrichtung in einer Kappe angeordnet sein, die an dem zugehörigen Bauteil montiert wird. Die Welle mit der Maßverkörperung wird mittels eines Werkzeugs kraftschlüssig eingepresst, welches in der Form der Kappe der Abtasteinrichtung entspricht. Dadurch wird die Welle mit der Maßverkörperung zwangsläufig in eine axiale Position gebracht, die in Bezug auf die anschließend montierte Abtasteinrichtung axial justiert ist.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispieles näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine Maßverkörperung der Vorrichtung zum Messen des Drehwinkels,

Fig. 2 die Abtasteinrichtung der Vorrichtung,

Fig. 3 einen vergrößerten Ausschnitt aus der Abtasteinrichtung und

Fig. 4-6 eine Ausführung der Vorrichtung im Axialschnitt und deren Montage.

Um die Drehwinkelstellung zweier gegeneinander verdrehbarer Bauteile zu bestimmen, z. B. die Drehwinkelstellung einer Motorwelle, wird ein optischer Drehgeber verwendet. Mit dem einen Bauteil, z. B. der Motorwelle, wird eine Maßverkörperung drehfest gekuppelt, die von einer Lichtquelle durchstrahlt wird. Das durch die Maßverkörperung in der Intensität modulierte Licht der Lichtquelle wird durch eine Abtasteinrichtung empfangen und in Winkelpositionssignale umgewandelt.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel besteht die Maßverkörperung 10 aus einer lichtdurchlässigen kreisförmigen Scheibe 11, auf welcher zentrisch zum Mittelpunkt eine Winkelgitterstruktur 12 aufgebracht ist. Die Winkelgitterstruktur 12 besteht aus radial verlaufenden Sektoren mit gleichem gegenseitigen Winkelabstand und gleicher Winkelbreite, wobei sich lichtdurchlässige und lichtundurchlässige Sektoren in Umfangsrichtung abwechseln. Weiter sind auf der Scheibe 11 Markerelemente 13 und 14 angebracht. Die Markerelemente 13 und 14 werden durch Unregelmäßigkeiten der Winkelgitterstruktur 12 gebildet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Markerelemente 13 und 14 jeweils lichtundurchlässige Sektoren, die eine größere Winkelbreite aufweisen als die Sektoren der Winkelgitterstruktur 12. Die Markerelemente 13 und 14 sind um einen Winkel in Umfangsrichtung gegeneinander versetzt, der etwas weniger als  $180^\circ$  beträgt, z. B. zwischen  $160^\circ$  und  $170^\circ$  liegt.

Die Abtasteinrichtung 20 weist eine kreisringförmige Spur von im Winkel beabstandeten optischen Sensorelementen 21 auf. Der Außenradius der Spur der Sensorelemente 21 ist etwas kleiner als der Außenradius der Winkelgitterstruktur 12 der Maßverkörperung 10. Die Sensorelemente 21 sind vorzugsweise Fotodioden,

die in einem Halbleiter-Chip 22 ausgebildet sind. Die Sensorelemente 21 weisen eine lichtempfindliche Fläche auf, die etwa die Form von radial ausgerichteten Ellipsen aufweist. Dadurch ergibt sich in an sich bekannter Weise ein Sinus-förmiger Verlauf der Fläche der Sensorelemente 21, die bei der Rotation der Scheibe 11 durch die Sektoren der Winkelgitterstruktur 21 abgedeckt wird. In jeweils um  $90^\circ$  versetzten Winkelbereichen der kreisringförmigen Spur werden Signale der Sensorelemente 21 abgenommen, um jeweils um  $90^\circ$  in der Phase gegeneinander versetzte inkrementale Winkelsignale zu erzeugen. Durch die Auswertung dieser Sinus-, Cosinus-, Minus-Sinus- und Minus-Cosinus-Signale können Exzentrizitätsfehler der Maßverkörperung 10 bzw. ihrer Winkelgitterstruktur 12 gegenüber der Abtasteinrichtung 20 bzw. der Spur ihrer Sensorelemente 21 rechnerisch kompensiert werden.

Jedes einzelne Sensorelement 21 ist über in dem Halbleiter-Chip 22 ausgebildete Leitungen 23 mit einer ebenfalls in dem Halbleiter-Chip 22 ausgebildeten Multiplex-Schaltung 24 verbunden. Über die Multiplex-Schaltung 24 kann jedes Sensorelement 21 einzeln abgefragt werden, um die Winkelposition der Markerelemente 12 und 13 bezüglich der Winkelteilung der Sensorelemente 21 zu ermitteln. Da die Markerelemente 13 und 14 in der Maßverkörperung 10 einen definierten Winkelabstand zueinander aufweisen, kann bei den durch die Markerelemente 13 und 14 erzeugten Abtastsignalen der Sensorelemente 21 überprüft werden, ob diese denselben Winkelabstand aufweisen wie die Markerelemente 13 und 14. Eine Abweichung des Winkelabstandes der Sensorelemente 21, in welchem die Signal der Markerelemente 13 und 14 erzeugt werden, von dem Winkelabstand der Markerelemente 13 und 14 in der Maßverkörperung 10 weist darauf hin, dass die Maßverkörperung 10 einen unzulässig großen Zentrierungsfehler gegenüber der Abtasteinrichtung 20 auf-

weist. Zentrierungsfehler, die kleiner sind als diese Toleranz, beeinträchtigen die Funktion des Drehgebers nicht und führen insbesondere nicht zu einem falschen Absolut-Winkelmesswert.

5

Während des Betriebs der Vorrichtung wird im Allgemeinen beim Start der Absolut-Winkelmesswert der Maßverkörperung 10 in Bezug auf die Abtasteinrichtung 20 mittels der Markerelemente 13 und 14 und der Sensorelemente 21 festgestellt. Dann wird über  
10 die Winkelgitterstruktur 12 und die Sensorelemente 21 die Winkelstellung inkremental von diesem Absolut-Winkelwert ausgehend gezählt.

In den Fig. 4-6 ist eine konstruktive Ausführung der Vorrichtung  
15 als Beispiel dargestellt.

Bspw. soll für einen Servo-Antrieb die Ist-Drehwinkelstellung einer Motorwelle 50, z. B. eines Elektromotors, ermittelt werden. Hierzu muss die Winkelstellung der Motorwelle 50 in Bezug  
20 auf das Motorgehäuse 51 bestimmt werden. Die Motorwelle 50 ist dabei mittels eines Radiallagers 52 drehbar in dem Motorgehäuse 51 gelagert. Das Radiallager 52 weist Lagertoleranzen auf, woraus sich Zentrizitäts-Toleranzen der Motorwelle 50 gegenüber dem Motorgehäuse 51 ergeben.

25

In einer hohlzylindrischen Buchse 30 sitzt zentrisch eine Lichtquelle 31. Auf die vordere Stirnseite der Buchse 30 ist axial gegenüber der Lichtquelle 31 beabstandet die Scheibe 11 der Maßverkörperung 10 aufgesetzt. Der Innendurchmesser der  
30 Buchse 30 entspricht dabei dem Außendurchmesser der Winkelgitterstruktur 12. Die gesamte Winkelgitterstruktur 12 der Scheibe 11 wird durch die Lichtquelle 31 gleichmäßig mit paralleler Lichtführung durchstrahlt, wozu eine Kollimatorlinse 32 im

Lichtweg zwischen der Lichtquelle 31 und der Scheibe 11 angeordnet ist. Die Kollimatorlinse 32 kann auch auf der Scheibe 11 ausgebildet sein. Die Buchse 30 wird von einem Wellenstummel 33 getragen, der coaxial an der der Scheibe 11 entgegengesetzten Stirnseite der Buchse 30 angeordnet ist. Der Wellenstummel 33 ist als Spreizwelle mit axial verlaufenden Federn ausgebildet. Der Wellenstummel 33 wird coaxial in eine Sackbohrung 53 der Motorwelle 50 eingesetzt und wird dadurch in der Motorwelle 50 kraftschlüssig klemmend sowohl axial als auch in Drehrichtung festgehalten.

Die Abtasteinrichtung 20 ist in einer in Fig. 6 gezeigten Kappe 40 angeordnet, die im montierten Zustand den Drehgeber gegen die Außenumgebung abdichtet und kapselt. Die Kappe 40 weist einen Flansch 41 auf, der an dem Motorgehäuse 51 zur Anlage kommt. Schrauben 42 durchsetzen den Flansch 41 und werden in Gewindebohrungen 54 des Motorgehäuses 51 eingeschraubt.

In der Kappe 40 ist eine Leiterplatte 43 angeordnet, die den Halbleiter-Chip 22 mit den Sensorelementen 21 auf ihrer der Maßverkörperung 10 zugewandten Seite trägt. Über die Leiterplatte 43 erfolgt die Versorgung des Halbleiter-Chips 22 sowie die Ansteuerung und Signalverarbeitung.

Damit die Lichtquelle 31 mit der Motorwelle 50 und der Maßverkörperung 10 rotieren kann, wird die Lichtquelle 31 berührungslos mit Energie gespeist. Hierzu dient eine induktive Stromzuführung über eine feststehende in der Kappe 40 angeordnete Spule 44 in eine in der Buchse 30 sitzende und mit dieser rotierende Spule 34.

Zur Montage des Drehgebers an dem Motor dient ein Werkzeug 60, welches in den Fig. 4 und 5 gezeigt ist. Das Werkzeug 60 hat

die Form einer Kappe, welche im Wesentlichen der Kappe 40 entspricht. Das Werkzeug 60 weist einen zylindrischen Innenhohlraum 61 auf, in welchen die Buchse 30 eingesetzt wird. Der Innenhohlraum 61 weist an seiner offenen Stirnseite einen Innenkonus 62 auf, an welchem ein Außenkonus 35 der Buchse 30 zur Anlage kommt. Dadurch nimmt die Buchse 30 eine radial und insbesondere axial definierte Position in dem Werkzeug 60 ein.

Die Buchse 30 wird dann mit Hilfe des Werkzeugs 60 mit ihrem Wellenstummel 33 in die Sackbohrung 53 der Motorwelle 50 eingedrückt, wie dies in Fig. 4 und 5 dargestellt und durch einen Pfeil symbolisiert ist. Bei diesem Eindringen dringt der Wellenstummel 33 axial so weit in die Sackbohrung 53 der Motorwelle 50 ein, bis das Werkzeug 60 mit einem Anschlagrand 63 an dem Motorgehäuse 51 zur Anlage kommt. Durch den kraftschlüssigen Sitz des Wellenstummels 33 in der Sackbohrung 53 hat somit die Buchse 30 und damit die Scheibe 11 der Maßverkörperung 10 eine exakte axial definierte Lage in Bezug auf das Motorgehäuse 51.

Nun wird das Werkzeug 60 abgenommen und die Kappe 40 mit der Abtasteinrichtung 20 aufgesetzt. Der Flansch 41 der Kappe 40 kommt dabei an derselben Stelle an dem Motorgehäuse 51 zur Anlage, an welchem der Anschlagrand 63 des Werkzeugs 60 zur Anlage kommt. Dadurch ist gewährleistet, dass die Abtasteinrichtung 20 mit den Sensorelementen 21 axial in Bezug auf dieselbe Fläche des Motorgehäuses 51 justiert wird, auf welche die Scheibe 11 der Maßverkörperung 10 mittels des Werkzeugs 60 axial justiert wurde. Es ergibt sich dadurch eine genaue axiale Justage der Maßverkörperung 10 in Bezug auf die Abtasteinrichtung 20.

Die Zentrierung der Maßverkörperung 10 in Bezug auf die Ab-  
tasteinrichtung 20 in radialer Richtung ist durch die radiale  
Lagerung der Motorwelle 50 in dem Motorgehäuse 51 gegeben, d.  
h. durch die Lagertoleranz des Radiallagers 52. Diese Zentrie-  
5 rungstoleranz wird durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung  
des Drehgebers aufgenommen.

## Bezugszeichenliste

	10	Maßverkörperung
	11	Scheibe
5	12	Winkelgitterstruktur
	13	Markerelement
	14	Markerelement
	20	Abtasteinrichtung
10	21	Sensorelemente
	22	Halbleiter-Chip
	23	Leitungen
	24	Multiplex-Schaltung
15	30	Buchse
	31	Lichtquelle
	32	Kollimatorlinse
	33	Wellenstummel
	34	Spule
20	35	Außenkonus
	40	Kappe
	41	Flansch
	42	Schrauben
25	43	Leiterplatte
	44	Spule
	50	Motorwelle
	51	Motorgehäuse
30	52	Radiallager
	53	Sackbohrung
	54	Gewindebohrungen

- 60 Werkzeug
- 61 Innenhohlraum
- 62 Innenkonus
- 63 Anschlagrand